

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2001-111132

(P 2001-111132A)

(43) 公開日 平成13年4月20日(2001.4.20)

(51) Int. Cl.⁷

識別記号

F I

テ-マコ-ド(参考)

H 0 1 L 41/22

H 0 1 L 41/22

B

41/083

41/08

S

審査請求 未請求 請求項の数 8

OL

11/30/01
4/20/01 (全9頁)

(21) 出願番号 特願2000-52743(P2000-52743)

(22) 出願日 平成12年2月29日(2000.2.29)

(31) 優先権主張番号 特願平11-219425

(32) 優先日 平成11年8月3日(1999.8.3)

(33) 優先権主張国 日本(JP)

(71) 出願人 000006231

株式会社村田製作所

京都府長岡京市天神二丁目26番10号

(72) 発明者 中島 幹雄

京都府長岡京市天神2丁目26番10号 株式
会社村田製作所内

(74) 代理人 100085497

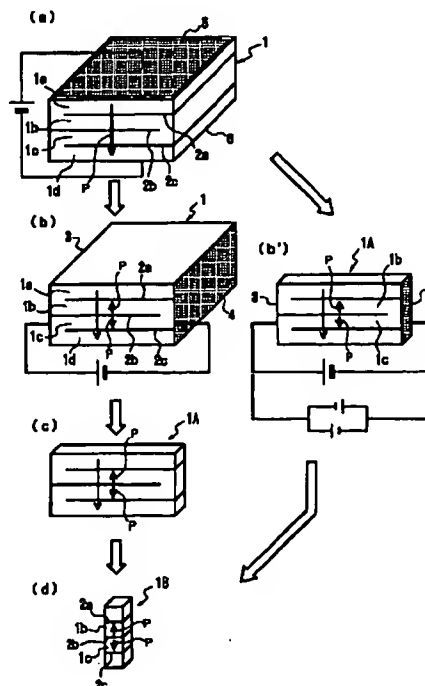
弁理士 筒井 秀隆

(54) 【発明の名称】 圧電体の分極方法

(57) 【要約】

【課題】 積層型圧電体の分極度分布をできるだけ均一にし、収率の向上を図る圧電体の分極方法を提供する。

【解決手段】 複数の圧電体層 1a~1d と複数の内部電極 2a~2c とが交互に積層された構造を持つ圧電体 1 の分極方法であって、圧電体 1 に対し電界を印加して厚み方向に一樣に分極する工程と、内部電極 2b の両側の圧電体層 1b、1c に互いに逆向きの電界を印加し、内部電極の片側の圧電体層 1b のみを分極反転させる工程とを有する。分極反転によって、分極度の分布が均一化される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】複数の圧電体層と複数の内部電極とが交互に積層された構造を持つ圧電体の分極方法において、上記圧電体に対し電界を印加して厚み方向に一樣に分極する工程と、上記内部電極の両側の圧電体層に互いに逆向きの電界を印加し、内部電極の片側の圧電体層のみを分極反転させる工程と、を含む圧電体の分極方法。

【請求項 2】複数の圧電体層と複数の内部電極とが交互に積層された構造を持つ圧電体の分極方法において、上記圧電体に対し電界を印加して厚み方向に一樣に分極する工程と、上記電界と逆方向の電界を印加し、厚み方向に一樣に分極反転させる工程と、上記内部電極の両側の圧電体層に互いに逆向きの電界を印加し、内部電極の片側の圧電体層のみを分極反転させる工程と、を含む圧電体の分極方法。

【請求項 3】複数の圧電体層と複数の内部電極とが交互に積層された構造を持つ圧電体の分極方法において、上記内部電極の両側の圧電体層に互いに逆向きの電界を印加し、内部電極の両側の圧電体層を互いに逆向きに分極する工程と、上記内部電極の両側の圧電体層に、上記電界とは反対方向の電界を互いに逆向きに印加し、内部電極の両側の圧電体層を分極反転させる工程と、を含む圧電体の分極方法。

【請求項 4】前記内部電極の片側の圧電体層のみを分極反転させる工程は、前記圧電体を前記内部電極に対して垂直な方向に切断してなる短冊に対して実施されることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の圧電体の分極方法。

【請求項 5】上記内部電極の両側の圧電体層を分極反転させる工程は、前記圧電体を前記内部電極に対して垂直な方向に切断してなる短冊に対して実施されることを特徴とする請求項 3 に記載の圧電体の分極方法。

【請求項 6】前記短冊に対して実施される分極反転は、前記圧電体の切断前の位置によって分極度の調整がなされることを特徴とする請求項 4 または 5 に記載の圧電体の分極方法。

【請求項 7】前記分極反転後、前記圧電体を前記内部電極に対して垂直な方向に切断する工程を含むことを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の圧電体の分極方法。

【請求項 8】前記圧電体を前記内部電極に対して垂直な方向に切断し、かつ前記分極反転が終了した短冊に対して、順方向または逆方向の低い電界を印加して分極度の微調整を行うことを特徴とする請求項 4 ないし 7 のいずれかに記載の圧電体の分極方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は圧電体の分極方法、特に複数の圧電体層と複数の内部電極とが交互に積層された構造を持つ圧電体において、内部電極の両側の圧電

体層を互いに逆向きに分極する方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、特性の設計自由度が大きく、スプリアスが小さく、共振周波数と反共振周波数との差 Δf を大きくできる圧電共振子が提供されている（特開平 10-4330 号公報）。この圧電共振子は、複数の圧電体層と複数の内部電極とが交互に積層された構造を持ち、内部電極の両側の圧電体層が互いに逆向きに分極されたものである。このような構造の圧電共振子の場合、圧電体層の分極度が特性に大きく影響するので、各素子内での分極度バラツキおよび素子間での分極度バラツキをできるだけ小さくすることが求められる。

【0003】この種の積層型圧電体の分極処理は、図 1 に示す方法で行なっている。1 はブロック状の圧電セラミックスよりなる圧電体であり、ここでは説明を簡単にするため 4 層の圧電体層 1a ~ 1d で構成されたものを示すが、5 層以上であってもよい。圧電体層 1a ~ 1d の間には内部電極 2a ~ 2c が設けられ、内部電極 2a ~ 2c は圧電体 1 の外側面に交互に引き出され、外部電極 3、4 と接続されている。そして、外部電極 3、4 間に直流電界を印加することにより、内部電極 2b の両側の圧電体層 1b、1c を矢印 P で示すように互いに逆向きに分極し、所定の分極度を得ている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところが、図 1 のような方法では、内部電極 2a ~ 2c の端部に電界が集中するため、分極度分布が均一にならないという問題があった。図 2 は分極度分布の一例を示し、斜線は分極度を表す。図から分かるように、圧電体 1 に対し厚み方向に電界を印加すると、圧電体 1 の 4 角部の分極度が著しく高くなり、均一な分極度分布が得られない。その結果、このような分極度分布が不均一な圧電体を短冊状に切り出して素子として使用する場合、周辺部の圧電体は使用できなくなり、圧電体の使用範囲（収率）が大きく制限されてしまうという問題があった。

【0005】そこで、本発明の目的は、積層型圧電体の分極度分布をできるだけ均一にし、収率の向上を図る圧電体の分極方法を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項 1 に記載の発明は、複数の圧電体層と複数の内部電極とが交互に積層された構造を持つ圧電体の分極方法において、上記圧電体に対し電界を印加して厚み方向に一樣に分極する工程と、上記内部電極の両側の圧電体層に互いに逆向きの電界を印加し、内部電極の片側の圧電体層のみを分極反転させる工程と、を含む圧電体の分極方法を提供する。また、請求項 2 に記載の発明は、複数の圧電体層と複数の内部電極とが交互に積層された構造を持つ圧電体の分極方法において、上記圧電体に対

し電界を印加して厚み方向に一樣に分極する工程と、上記電界と逆方向の電界を印加し、厚み方向に一樣に分極反転させる工程と、上記内部電極の両側の圧電体層に互いに逆向きの電界を印加し、内部電極の片側の圧電体層のみを分極反転させる工程と、を含む圧電体の分極方法を提供する。さらに、請求項3に記載の発明は、複数の圧電体層と複数の内部電極とが交互に積層された構造を持つ圧電体の分極方法において、上記内部電極の両側の圧電体層に互いに逆向きの電界を印加し、内部電極の両側の圧電体層を互いに逆向きに分極する工程と、上記内部電極の両側の圧電体層に、上記電界とは反対方向の電界を互いに逆向きに印加し、内部電極の両側の圧電体層を分極反転させる工程と、を含む圧電体の分極方法を提供する。

【0007】請求項1においては、圧電体に対し電界を印加して厚み方向に一樣に分極した後、内部電極の両側の圧電体層に互いに逆向きの電界を印加すると、内部電極の片側の圧電体層のみが分極反転する。圧電体を分極反転させると、圧電体の4角部の分極度が高くなる現象が抑制され、初期分極度分布の不均一が低減される。そのため、この圧電体を短冊状に切り出して使用するとき、使用範囲が広がり、収率が向上する。

【0008】図3は初期分極～分極反転による分極度分布の変化を示す図である。初期分極により、圧電体の端部では分極度が高くなり、中央部との差 ΔP_1 が大きい。次に、分極反転を行うと、分極軸方向が逆転するとともに、圧電体の端部と中央部との分極度の差 ΔP_2 が小さくなる。なお、ここでは分極反転時の電界強度を初期分極における電界強度と等しくし、分極時間を初期分極より短くしたものであり、初期分極時と分極反転時とで最大分極度 P_{max} は同一である。

【0009】図4は圧電体に正負の電界を印加した時の分極度の変化を示す。まずI点において、正の電界を印加すると、II点に向かって分極度が上昇し、電界の印加を中止するとIII点で安定する。III点における分極度が残留分極度である。次に、負方向に電界を印加すると、一旦分極度がほぼ零(IV点)まで低下し、その後、分極軸が反転してV点まで下降する。電界の印加を中止すると、VI点に戻って安定する。図4において、正の電界を印加した後の分極度 P_r も、負の電界を印加して分極反転させた後の分極度 $-P_r$ も、分極軸の方向は逆であるが、正負の符号を除いて電界強度が同じであれば、同一分極度(III点、VI点)となるとともに、図3に示したように分極度の分布ばらつきが低減される。

【0010】請求項1では厚み方向に一樣に分極した後、内部電極の片側の圧電体層を分極反転させるようにしたが、請求項2では、厚み方向に一樣に分極した段階で1回目の分極反転を行ない、内部電極の片側の圧電体層を再度分極反転することで、分極度分布の不均一を低減するとともに、再度分極反転を容易にするものであ

る。

【0011】請求項1、2のように、厚み方向に一樣に分極(分極反転)する工程は、ブロック状態の圧電体に対して行なうのが、生産性の面で望ましいが、その後の内部電極の片側の圧電体層のみを分極反転する工程は、ブロック状態の圧電体に対して行なってもよいし、その圧電体を短冊状に切り出した後で行なってもよい。特に、短冊状に切り出した後で行なう場合には、各短冊の分極度分布に応じて電界強度や時間を設定できるので、より精密な分極度調整が可能となる。

【0012】請求項3では、まず内部電極の両側の圧電体層に互いに逆向きの電界を印加し、内部電極の両側の圧電体層を互いに逆向きに分極する。この工程は従来と同様である。請求項3では、この工程の後に、内部電極の両側の圧電体層に、上記電界とは反対方向の電界を互いに逆向きに印加し、内部電極の両側の圧電体層を同時に分極反転させる。つまり、内部電極の両側の圧電体層が最初に分極軸方向と反転する。そのため、反転分極しない圧電体層が残らず、分極度バラツキを効果的に低減することができる。

【0013】請求項3において、分極工程をブロック状態の圧電体に対して実行し、その圧電体を短冊状に切り出した後、各短冊に対して順方向または逆方向の電界を印加することで、分極度の増減を個別に調整することもできる。これによって、短冊間および短冊内の分極度バラツキを一層小さくすることが可能となる。

【0014】

【発明の実施の形態】図5は本発明を用いた圧電共振子の製造方法の第1実施例および第2実施例を示す。第1実施例は図5の(a)～(b)～(c)～(d)の順序で処理を行い、第2実施例は図5の(a)～(b')～(d)の順序で処理を行う。ここでは、図1と同様に、4層構造のブロック状圧電セラミックスよりなる圧電体1を用いるが、5層以上であってもよいことは勿論である。

【0015】まず、第1実施例について説明する。図5の(a)のように、圧電体1の表裏面に電極5、6を形成し、電極5、6間に直流電界(例えば $1\sim 3\text{ kV/m}$ 、 60°C のシリコンオイル中)を所定時間(例えば $5\sim 30$ 分)印加し、その後、エージングを行なう。これにより、矢印Pで示すように厚み方向に一樣に分極される。なお、図5(a)では表面電極5をプラス側、裏面電極6をマイナス側としたが、これと逆方向に接続してもよい。次に、図5(b)のように、圧電体1の対向する側面に内部電極2a～2cと交互に導通する外部電極3、4を形成し、これら外部電極3、4間に所定の電界を短時間印加し、その後、エージングを行なう。このエージングは、図5(a)におけるエージングより高温で行なうのがよい。図5(b)では内部電極2bと導通する外部電極3をプラス側とし、内部電極2a、2cと導

10

20

30

40

50

通する外部電極 4 をマイナス側としたが、これと逆方向に接続してもよい。図 5 (b) のような方向に電界を印加すると、圧電体層 1 c は図 5 (a) の分極方向と同方向に分極されるので、分極度は殆ど変化しないが、圧電体層 1 b については図 5 (a) の分極方向と逆方向に分極されるので、分極反転が起こる。図 3 に示したように、分極反転時に分極度分布の不均一が低減されるので、圧電体 1 内の分極度バラツキが低減される。なお、外側の圧電体層 1 a, 1 d については、破線矢印で示すように図 5 (a) の分極軸がそのまま残る。次に、図 5 (c) のように圧電体 1 を内部電極 2 a ~ 2 c と直交方向に短冊状に切り出し、短冊 1 A を得る。図 5 (b) の分極反転によって圧電体ブロック内での分極度バラツキが低減されているので、短冊内および短冊間の分極度バラツキも低減される。最後に、図 5 (d) のように短冊 1 A を内部電極 2 a ~ 2 c と直交方向に素子形状にカットすることで、内部電極 2 b の両側の圧電体層 1 b, 1 c が互いに逆向きに分極された素子 1 B を得る。短冊内および短冊間の分極度バラツキが低減されているので、短冊 1 A から切り出された素子 1 B 間の分極度バラツキも小さい。この素子 1 B に対して、対向する二側面から交互に内部電極 2 a ~ 2 c を引き出すか、あるいは一側面から交互に内部電極 2 a ~ 2 c を引き出せば、特開平 10-4330 号公報に示される積層型の圧電共振子を得られる。

【0016】次に、第 2 実施例について説明する。図 5 (a) の分極処理は第 1 実施例と同様である。次に、図 5 の (b') のように、圧電体 1 を内部電極 2 a ~ 2 c と直交方向に短冊状に切り出し、この短冊 1 A の対向する側面に内部電極 2 a ~ 2 c と交互に導通する外部電極 3, 4 を形成する。そして、これら外部電極 3, 4 間に直流電界を所定時間 (例えば 1 ~ 200 秒) 印加し、その後、エージングを行なう。このエージングは、図 5 (a) におけるエージングより高温で行なうのがよい。なお、上述の短冊 1 A は、圧電体 1 に外部電極 3, 4 を予め形成しておいてから、短冊状に切り出したものでもよい。図 5 (b') では内部電極 2 b と導通する外部電極 3 をプラス側とし、内部電極 2 a, 2 c と導通する外部電極 4 をマイナス側としたが、これと逆方向に接続し*

*でもよい。図 5 (b') のように電界を印加すると、圧電体層 1 c は図 5 (a) の分極方向と同方向に分極されるので、分極度は殆ど変化しないが、圧電体層 1 b については図 5 (a) の分極方向と逆方向に分極されるので、分極反転が起こり、短冊内の分極度分布の不均一が低減される。図 5 (b') の分極処理は、1 個の圧電体 1 から切り出された全ての短冊 1 A に対して、同一電界、同一時間で分極する必要はない。すなわち、図 3 に示すように、圧電体 1 の端部の分極度は中央部の分極度に比べて高いので、端部から切り出された短冊 1 A に対しては、中央部から切り出された短冊 1 A に比べて高い電界または長い時間を印加して分極反転させるのがよい。このように、短冊 1 A の分極度を個別に調整することで、短冊間の分極度バラツキを低減できる。このようにして得られた短冊 1 A を図 5 (d) のように素子形状にカットし、素子 1 B を得る。第 2 実施例で得られた素子 1 B は、第 1 実施例で得られた素子 1 B に比べて素子間の分極度バラツキが小さく、均一な特性の圧電共振子を得ることが可能である。

【0017】なお、図 5 (b') のような短冊状態での分極反転を行なった後、図 5 (d) のように素子形状にカットする前に、破線で示すように逆方向、順方向に低い電界を印加することにより、分極度を微調整してもよい。これにより、圧電体 1 の切り出し位置による分極度ばらつき、つまり短冊間の分極度バラツキを一層低減できる。また、図 5 の (c) における短冊 1 A に対して、外部電極 3, 4 を除去する前に、図 5 (b') の破線と同様に逆方向または順方向に低い電界を印加することにより、分極度を微調整してもよい。

【0018】表 1 は、従来法 (図 1 参照) と第 1, 第 2 実施例で得られた短冊内の分極度バラツキ、短冊間の分極度バラツキ、さらに圧電体ブロック内での分極度バラツキを求めたものである。各分極度バラツキは、素子に分割した段階で測定した。また、分極度は共振周波数と反共振周波数との差 (d f) で求めた。ここでは、素子のねらいの分極度を 55 kHz とした。

【0019】

【表 1】

| ----- | 従来法 | 第 1 実施例 | 第 2 実施例 |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 短冊内の d f 分布 平均値 | 4. 23 | 2. 4 | 1. 85 |
| 短冊間の d f 分布 中心分極度 3 σ r | 57. 92 5. 16 5. 24 | 58. 57 2. 64 2. 6 | 55. 35 0. 99 1. 05 |
| ブロック全体の d f 分布 中心分極度 3 σ r | 57. 92 6. 15 8. 52 | 58. 57 3. 27 5. 53 | 55. 35 1. 68 3. 93 |

【0020】表 1 から明らかなように、短冊内での分極 50 度バラツキが従来法では 4. 23 kHz であったのに対

し、第1、第2実施例ではそれぞれ2.4 kHz、1.85 kHzに低減され、約半分に低減されたことが分かる。また、短冊間でのバラツキも従来法では5.24 kHzであったのに対し、第1、第2実施例ではそれぞれ2.6 kHz、1.05 kHzに大幅に低減された。さらに、ブロック全体でのバラツキは、従来法では8.52 kHzであったのに対し、第1、第2実施例ではそれぞれ5.53 kHz、3.93 kHzに低減された。また、中心分極度に対する集中度を示す 3σ の値も、従来法に比べて第1実施例では約半になり、第2実施例では約1/4まで小さくなっている。なお、短冊内での分極度バラツキの低減は分極反転による効果であると考えられ、短冊間での分極度バラツキの低減は短冊を個別に調整した効果であると考えられる。上記結果から、圧電体の使用範囲（収率）が大幅に向上することがわかる。

【0021】図6は本発明を用いた圧電共振子の製造方法の第3実施例および第4実施例を示す。第3実施例は図6の(a)～(b)～(c)～(d)～(e)の順序で処理を行い、第4実施例は図6の(a)～(b)～(c')～(e)の順序で処理を行う。

【0022】まず、第3実施例について説明する。図6の(a)のように、圧電体1の表裏面に電極5、6を形成し、電極5、6間に直流電界（例えば1～3 kV/mm、60℃のシリコンオイル中）を所定時間（例えば5～30分）印加する。これにより、矢印Pで示すように厚み方向に一樣に分極される。次に、図6(b)のように、図6(a)とは逆方向に直流電界（例えば1～3 kV/mm、60℃のシリコンオイル中）を所定時間（例えば5～30分）印加し、その後、エージングを行なう。これによって、圧電体1は厚み方向に一樣に分極反転が起こり、分極反転時に圧電体1内の分極度分布の不均一が低減される。次に、図6(c)のように、圧電体1の対向する側面に内部電極2a～2cと交互に導通する外部電極3、4を形成し、これら外部電極3、4間に所定の電界を短時間印加し、その後、エージングを行なう。このエージングは、図6(b)におけるエージングより高温で行なうのがよい。図6(c)のような方向に電界を印加することで、圧電体層1bは図6(b)の分極方向と同方向に分極されるので、分極度は殆ど変化しないが、圧電体層1cについては図6(b)の分極方向と逆方向に分極されるので、再度分極反転が起こる。つまり、圧電体層1bについては図6(b)の段階で1回分極反転され、圧電体層1cについては図6(b)と図6(c)で2回の分極反転が起こるので、2回目の分極反転が容易に行える。その後の処理は、図5の(c)～(d)の処理と同様である。すなわち、(d)のように圧電体1を内部電極2a～2cと直交方向に短冊状に切り出し、短冊1Aを得た後、この短冊1Aを図6(e)のように素子形状にカットし、素子1Bを得る。

【0023】次に、第4実施例について説明する。図6(a)、図6(b)の分極処理は第3実施例と同様である。次に、図6の(c')のように、圧電体1を内部電極2a～2cと直交方向に短冊状に切り出し、この短冊1Aの対向する側面に内部電極2a～2cと交互に導通する外部電極3、4を形成し、これら外部電極3、4間に直流電界を所定時間（例えば1～200秒）印加し、その後、エージングを行なう。このエージングは、図6(b)におけるエージングより高温で行なうのがよい。

なお、上述の短冊1Aは、圧電体1に外部電極3、4を予め形成しておいてから、短冊状に切り出したものでもよい。図6(c')のような方向に電界を印加すると、圧電体層1bは図6(b)の分極方向と同方向に分極されるので、分極度は殆ど変化しないが、圧電体層1cについては図6(b)の分極方向と逆方向に分極されるので、再度分極反転が起こる。つまり、圧電体層1bについては図6(b)の段階で1回分極反転され、圧電体層1cについては図6(b)と図6(c')で2回の分極反転が起こるので、短冊内での2回目の分極反転が容易に行える。図6(c')の分極処理は、1個の圧電体1から切り出された全ての短冊1Aに対して、同一電界、同一時間で分極する必要はない。すなわち、圧電体1の端部の分極度は中央部の分極度に比べて高いので、端部から切り出された短冊1Aに対しては、中央部から切り出された短冊1Aに比べて高い電界または長い時間を印加して分極反転させるのがよい。これによって、短冊間の分極度バラツキを低減できる。このようにして得られた短冊1Aを図6(e)のように素子形状にカットし、素子1Bを得る。第4実施例で得られた素子1Bは、第3実施例で得られた素子1Bに比べて素子間の分極度バラツキが少なく、均一な特性の圧電共振子を得ることが可能である。

【0024】なお、図6(c')のような短冊状態での分極反転を行なった後、図6(e)のように素子形状にカットする前に、破線で示すように逆方向、順方向に低い電界を印加することにより、分極度を微調整してもよい。これにより、短冊間の分極度バラツキを一層低減できる。また、図6(d)における短冊1Aに対しても、外部電極3、4を除去する前に、図6(c')の破線と同様に逆方向または順方向に低い電界を印加することにより、分極度を微調整してもよい。

【0025】表2は、従来法（図1参照）と第3、第4実施例で得られた短冊内の分極度バラツキ、短冊間の分極度バラツキ、さらに圧電体ブロック内での分極度バラツキを求めたものである。測定方法などの条件は表1と同様である。

【0026】

【表2】

| ----- | 従来法 | 第3実施例 | 第4実施例 |
|--|------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| 短冊内のd f 分布 平均値 | 4. 2 3 | 2. 2 | 2. 1 2 |
| 短冊間のd f 分布 中心分極度 3 σ r | 5 7. 9 2 5. 1 6 5. 2 4 | 5 5. 8 2. 7 2. 7 | 5 6. 1 9 1. 8 2. 4 5 |
| ブロック内のd f 分布 中心分極度 3 σ r | 5 7. 9 2 6. 1 5 8. 5 2 | 5 5. 8 2. 2 2 5. 6 4 | 5 6. 1 9 2. 5 2 4. 4 8 |

【0027】表2から明らかなように、短冊内での分極度バラツキが従来法では4. 23 kHzであったのに対し、第3、第4実施例ではそれぞれ2. 2 kHz、2. 12 kHzに低減された。また、短冊間でのバラツキも従来法では5. 24 kHzであったのに対し、第3、第4実施例ではそれぞれ2. 7 kHz、2. 45 kHzに低減された。さらに、ブロック全体でのバラツキは、従来法では8. 52 kHzであったのに対し、第3、第4実施例ではそれぞれ5. 64 kHz、4. 48 kHzに低減された。上記結果から、圧電体の使用範囲（収率）20
が大幅に向上したことが分かる。

【0028】図7は本発明を用いた圧電共振子の製造方法の第5実施例および第6実施例を示す。第5実施例は図7の（a）～（b）～（c）～（d）の順序で処理を行い、第6実施例は図7の（a）～（b'）～（d）の順序で処理を行う。

【0029】まず、第5実施例について説明する。図7の（a）のように、圧電体1の対向する側面に内部電極2a～2cと交互に導通する外部電極3、4を形成し、これら外部電極3、4間に直流電界（例えば1～3 kV/mm、60℃のシリコンオイル中）を所定時間（例えば5～30分）印加し、その後、エージングを行なう。これにより、矢印Pで示すように内部電極2bの両側の圧電体層1b、1cが逆向きに分極される。次に、図7（b）のように、図7（a）とは逆方向に外部電極3、4間に直流電界（例えば1～3 kV/mm、60℃のシリコンオイル中）を所定時間（例えば5～30分）印加し、その後、図7（a）におけるエージングより高温でエージングを行なう。これによって、圧電体層1b、1cに同時に分極反転が起こり、圧電体層1b、1cの分極度分布の不均一が低減される。その後の処理は、図5の（c）～（d）の処理と同様である。すなわち、図7の（c）のように圧電体1を短冊状に切り出して短冊1Aを得た後、この短冊1Aを図7（d）のように素子形状にカットし、素子1Bを得る。

【0030】次に、第6実施例について説明する。図7（a）の分極処理は第5実施例と同様である。次に、図7の（b'）のように、圧電体1を内部電極2a～2c

と直交方向に短冊状に切り出し、この短冊1Aの対向する側面に形成された外部電極3、4間に直流電界を所定時間（例えば1～200秒）印加し、その後、エージングを行なう。このエージングは、図7（a）におけるエージングより高温で行なうのがよい。図7（b'）のような方向に電界を印加することで、圧電体層1b、1cに同時に分極反転が起こり、圧電体層1b、1cの分極度分布の不均一が低減される。つまり、短冊内での分極度バラツキが小さくなる。図7（b'）の分極処理は、1個の圧電体1から切り出された全ての短冊1Aに対して、同一電界、同一時間で分極する必要はなく、切り出された箇所に応じて調整するのがよい。すなわち、圧電体1の端部の分極度は中央部の分極度に比べて高いので、端部から切り出された短冊1Aに対しては、中央部から切り出された短冊1Aに比べて高い電界または長い時間を印加して分極反転させるのがよい。これによって、短冊間の分極度バラツキも低減できる。このようにして得られた短冊1Aを図7（d）のように素子形状にカットし、素子1Bを得る。第6実施例で得られた素子1Bは、第5実施例で得られた素子1Bに比べて素子間の分極度バラツキが少なく、均一な特性の圧電共振子を得ることが可能である。

【0031】なお、図7（b'）のような短冊状態での分極反転を行なった後、図7（d）のように素子形状にカットする前に、破線で示すように逆方向、順方向に低い電界を印加することにより、分極度を微調整してもよい。これにより、短冊間の分極度バラツキを一層低減できる。また、図7の（c）における短冊1Aに対しても、図7（b'）の破線と同様に逆方向または順方向に低い電界を印加することにより、分極度を微調整してもよい。

【0032】表3は、従来法（図1参照）と第5、第6実施例で得られた短冊内の分極度バラツキ、短冊間の分極度バラツキ、さらに圧電体ブロック内での分極度バラツキを求めたものである。測定方法などの条件は表1と同様である。

【0033】

【表3】

11

12

| ----- | 従来法 | 第5実施例 | 第6実施例 |
|--|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 短冊内のd f 分布 平均値 | 4. 2 3 | 3. 3 7 | 2. 1 9 |
| 短冊間のd f 分布 中心分極度 3 σ r | 5 7. 9 2 5. 1 6 5. 2 4 | 5 4. 3 7 4. 0 8 4. 5 3 | 5 6. 4 4 1. 6 2 2. 1 5 |
| ブロック内のd f 分布 中心分極度 3 σ r | 5 7. 9 2 6. 1 5 8. 5 2 | 5 4. 3 7 4. 8 6 7. 2 7 | 5 6. 4 4 2. 4 4. 5 9 |

【0034】表3から明らかなように、短冊内での分極度バラツキが従来法では4. 23 kHzであったのに対し、第5、第6実施例ではそれぞれ3. 37 kHz、2. 19 kHzに低減された。また、短冊間でのバラツキも従来法では5. 24 kHzであったのに対し、第5、第6実施例ではそれぞれ4. 53 kHz、2. 15 kHzに低減された。さらに、ブロック全体でのバラツキは、従来法では8. 52 kHzであったのに対し、第5、第6実施例ではそれぞれ7. 27 kHz、4. 59 kHzに低減された。上記結果から、圧電体の使用範囲（収率）が大幅に向上したことが分かる。

【0035】本発明の分極方法は、上記実施例に限定されるものではない。例えば、図6では、ブロック状態の圧電体に対して、正方向の分極を行なった後、逆方向に分極反転させたが、分極反転を複数回繰り返してもよい。同様に、図7の（a）～（b）の段階で1回だけ分極反転させたが、複数回分極反転させてもよい。

【0036】

【発明の効果】以上の説明で明らかなように、請求項1に記載の方法によれば、圧電体に対し電界を印加して厚み方向に一樣に分極した後、内部電極の両側の圧電体層に互いに逆向きの電界を印加することで、内部電極の片側の圧電体層のみを分極反転させるようにしたので、分極度分布のバラツキが低減される。そのため、この圧電体を切り出して使用すると、均一な特性の圧電共振子が得られとともに、使用範囲が広がり、収率が向上する。また、請求項2に記載の方法によれば、請求項1における厚み方向に一樣な分極を行なう段階で、1回目の分極

反転を行なうようにしたので、請求項1に比べて、次に行う内部電極の片側の圧電体層の再度の分極反転を容易に行うことができる。また、請求項3に記載の方法によれば、内部電極の両側の圧電体層を互いに逆向きに分極した後、内部電極の両側の圧電体層を同時に分極反転させるようにしたので、反転分極しない圧電体層が残らず、分極度バラツキを効果的に低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の圧電体の分極方法を示す図である。

【図2】図1の方法で分極された圧電体の分極度分布を示す斜視図である。

【図3】初期分極時と分極反転時の分極度分布を示す図である。

【図4】正負の電界を印加した時の分極度の変化を示す図である。

【図5】本発明にかかる分極方法の第1、第2実施例を示す工程図である。

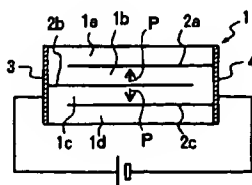
【図6】本発明にかかる分極方法の第3、第4実施例を示す工程図である。

【図7】本発明にかかる分極方法の第5、第6実施例を示す工程図である。

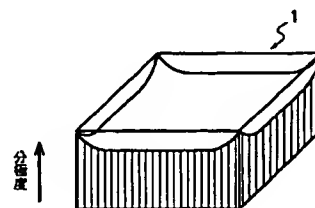
【符号の説明】

- 1 ブロック状圧電体
- 1 A 短冊状圧電体
- 1 B 素子状圧電体
- 1 a～1 d 圧電体層
- 2 a～2 c 内部電極

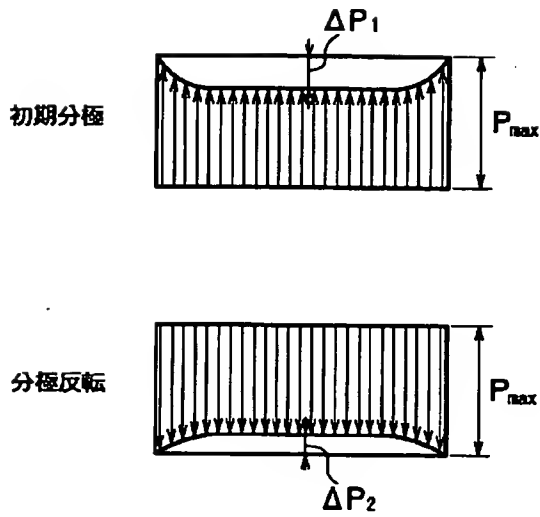
【図1】



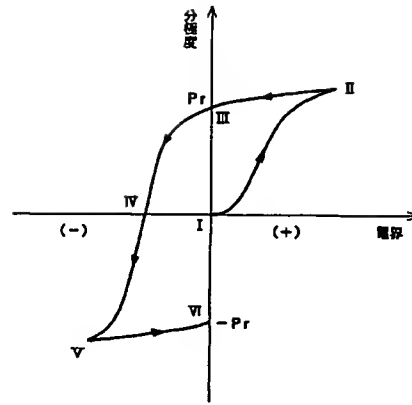
【図2】



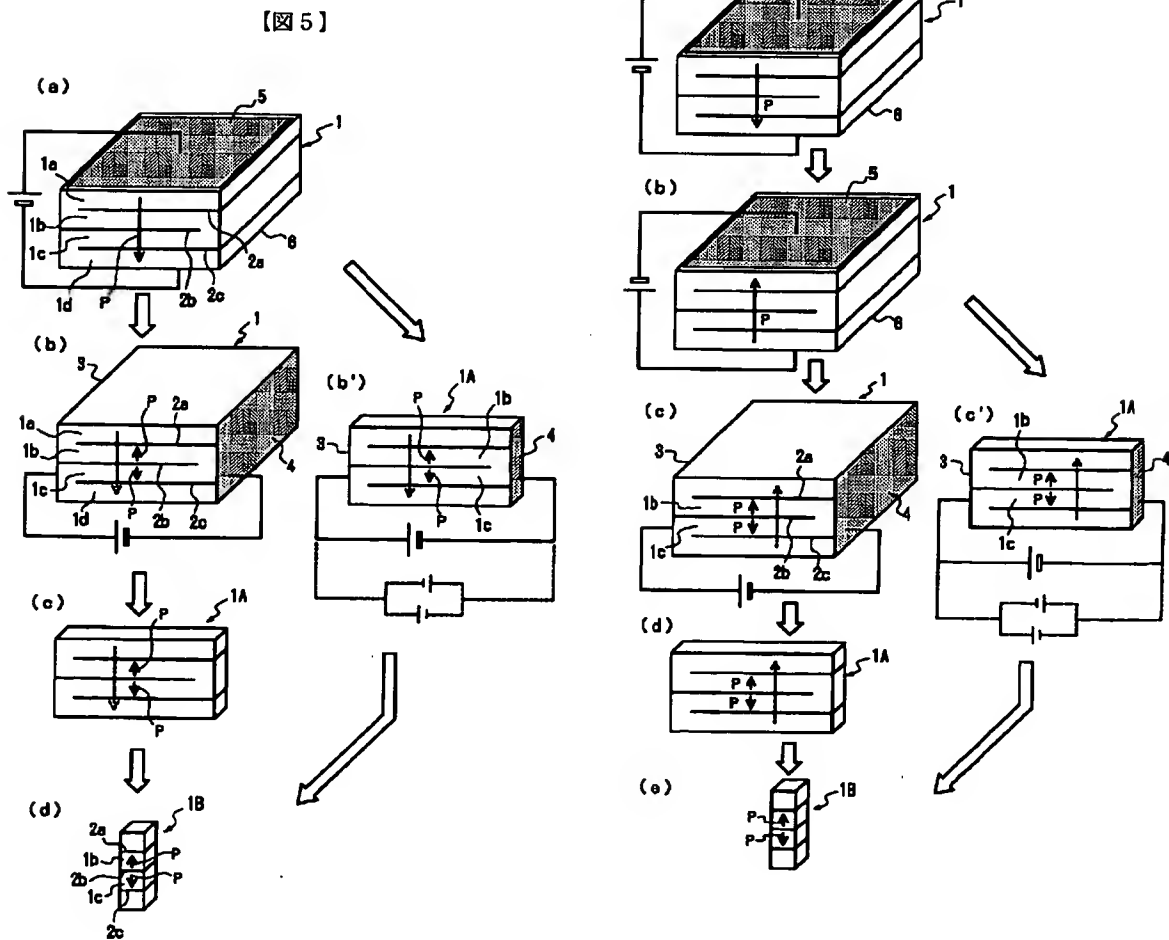
【図3】



【図4】



【図6】



【図7】

